تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور ۱۵ ژنوتیپ پایه مادری گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

طیبه سنجری مزاج*[۱]، مجید امینی‌دهقی[۲]، خدیجه احمدی[۳]، هادی درزی رامندی[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات. دانشکده علوم کشاورزی. دانشگاه شاهد. تهران، ایران.

[۲]دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی. دانشگاه شاهد. تهران، ایران.

[۳]کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات. دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد. تهران، ایران.

[۴]دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات. دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۱۰

چکیده

خشکی از عمده‌ترین خطرات برای تولید موفق محصولات زراعی است. به‌منظور ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای پایه مادری ۱۵ لاین بومی گندم نان، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل بذرهای تولید شده در دو سطح (بدون تنش یا آبیاری نرمال) و اعمال تنش خشکی آخر فصل (قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی) بر گیاه مادری و ۱۵ لاین بومی گندم نان (کشه فراهان، کوره ساوه ۲۶، کوره ساوه ۲۷، مال میر اهواز ٦٦، مال میر اهواز ٦٧، محت علیا اراک بروجرد، مشهد ۷، مشهد ۸، مشهد ١٤، مشهد ۱۸، مشهد ۲۲، مغان، مل آباد ساوه، ملاوی، نهاوند) بود. صفات مورد بررسی شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، تعداد ریشه‌های فرعی، وزن خشک گیاهچه و شاخص بنیه گیاهچه بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد پژوهش داشت. بذرهای تولید شده ژنوتیپ مشهد١٤ در هر دو شرایط نوسان کم‌تری را نشان داد. این ژنوتیپ دارای بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی، تعداد ریشه‌های فرعی، وزن خشک گیاهچه و شاخص وزنی بنیه گیاهچه بود. ژنوتیپ مشهد١٤ در شرایط تنش خشکی دارای بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه بود و بیش‌ترین شاخص طولی بنیه گیاهچه در ژنوتیپ نهاوند مشاهده شد. با توجه به اینکه شاخص قدرت بذر در بیش‌تر بذور ژنوتیپ‌های تولید شده در شرایط تنش خشکی کاهش یافت، برای مناطق خشک و نیمه خشک نمی‌توان آن‌ها را توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: خشکی، درصد جوانه‌زنی، ژنوتیپ بومی گندم نان، شاخص قدرت گیاهچه.

*نویسنده مسئول: t.sanjar1992@gmail.com

مقدمه

جوانه‌زنی کارآمد بذرها و رشد گیاهچه یکی از مهم‌ترین مراحل رشدی گیاه است که تعیین‌کننده درجه موفقیت سیستم‌های زراعی می‌باشد (Soltani *et a*., 2006l). این مراحل به شدت تحت تأثیر کیفیت بذر (قابلیت حیات و قدرت بذر) قرار می‌گیرد (De Figorid et al., 2003). ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه‌ها منجر به استقرار موفقیت‌آمیز می‌شود که نتیجه این امر تولید سیستم ریشه‌ای عمیق و مطلوب می‌باشد (Chen and Arora, 2013). گندم نان (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین محصول غله‌ای جهان است (Roya et al., 2005). در حال حاضر گندم با تولید سالانه بیش از ٦٠٠ میلیون تن به‌عنوان یک منبع ارزشمند کربوهیدرات برای میلیون‌ها انسان، بعد از ذرت و برنج، بیشترین تولید در دنیا را به خود اختصاص داده است (Asseng et al., 2011). هدف متخصصان زراعت و اصلاح نباتات دست یافتن به استقرار بهتر گیاهچه محصولات می‌باشد، اما برخی تنش‌های زنده و غیر زنده، استقرار گیاهچه را در شرایط مزرعه کاهش می‌دهند (Yagmur and Kydan, 2008). اگر چه همه تنش‌ها از عوامل مهم کاهش تولید محسوب می‌شوند اما خشکی مهم‌ترین عامل غیرزنده‌ای است که بر عملکرد گندم تأثیر دارد (Araus et al., 2002). اثرات کمبود آب به عوامل چندی از قبیل شدت و تداوم آن و مرحله فنولوژیکی رشد و ظرفیت مقاومت ژنتیکی گیاهان بستگی دارد. محدودیت آب بر رشد گیاه و بهره‌وری آن تأثیر می‌گذارد. عادی‌ترین عارضه کمبود آب در گیاهان تأخیر رشد به واسطه جذب طولی سلول توسط محدودیت آب است (Clua et al., 2006). شاخص‌های جوانه‌زنیانند درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین شاخص‌های رشد مانند طول ریشه‌چه وساقه‌چه می‌توانند در غربال گیاهان به منظور تعیین مقاوم و حساس بودن آن‌ها استفاده شوند (Munns and James, 2003). بیشتر تحقیقاتی که بر روی جوانه‌زنی گیاهان زراعی مختلف انجام شده بیانگر این واقعیت است که تنش خشکی طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و همچنین وزن خشک گیاهچه کاهش می‌یابد (Alebrahim et al., 2004). Kaya et al. (2006) در طی تحقیق خود مشاهده کردند که تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن گیاهچه‌ی آفتابگردان کاهش یافت و این کاهش با افزایش تنش شدیدتر بود. برای کاهش خسارت ناشی از تنش، انتخاب ژنوتیپ‌های که تحت شرایط تنش خشکی عملکرد مطلوبی داشته باشند، هدف عمده در برنامه‌های به‌نژادی است. با توجه به تأثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه و همچنین اهمیت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی، این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای تولید شده در مرحله سنبله‌دهی بر گیاه مادری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر ۱۵ ژنوتیپ بومی گندم نان ایران از بذرهای حاصل از تحقیقی که در سال زراعی ٩٤-١٣٩٣ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد در کیلومتر اتوبان تهران-قم انجام گرفت، که به طول جغرافیائی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شمالی و عرض جغرافیائی ۳۵ درجه و ٣٤ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۹۰ متر و میانگین بارندگی ٢١٦ میلی‌متر با اقلیم منطقه گرم و خشک اجرا شد (اداره کل هواشناسی تهران، ۱۳۹۳). ژنوتیپ‌های بومی از کلکسیون بذر موجود در بخش غلات موسسه‌ی اصلاح و تهیه نهال بذر کرج تهیه گردید. طرح آزمایش در مرحله کاشت مزرعه به‌صورت لاتیس نامتعادل ۷×۷ با دو تکرار و در آزمایشات جوانه‌زنی در پتری دیش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در آزمایشگاه زراعت دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت.

فاکتورهای آزمایش شامل بذرهای تولید شده در دو سطح (بدون تنش یا آبیاری نرمال) اعمال تنش خشکی آخر فصل (قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی) بر گیاه مادری و ۱۵ ژنوتیپ بومی گندم نان شامل (کشه فراهان، کوره ساوه۲٦، کوره ساوه ۲۷، مال میر اهواز ٦٦، مال میر اهواز ٦۷، محت علیا اراک بروجرد، مشهد ۷، مشهد ۸، مشهد ١٤، مشهد۱۸، مشهد ۲۲، مغان، مل آباد ساوه، ملاوی، نهاوند) در سه تکرار بود. آبیاری به صورت غرقابی و قطع آبیاری همزمان برای همه تیمارها و میزان آب مصرفی ۱۵ دور آبیاری با احتساب بارندگی در مرحله سنبله‌دهی بود. آبیاری در ۱۰ مرحله به مدت ۱۵ روز یک بار و بر اساس پراکندگی باران در فصل زمستان و اوایل بهار انجام شد. قطع آبیاری در زمان سنبله‌دهی ژنوتیپ‌ها برای تیمار خشکی انجام شد و وزن هزار دانه برای دو تیمار کم آبی و آبیاری عادی متفاوت بود، میانگین وزن هزار دانه برای تیمارهای آبیاری عادی بیشتر بود. در هر تکرار از هر تیمار ۲۵ عدد بذر در پتری‌هایی که قبلاً ضدعفونی شده بودند قرار داده شد، آب مقطر اضافه گردید و پتری‌ها به ژرمیناتور با دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد انتقال یافتند (Razak et al., 2014). شمارش بذرهای جوانه‌زده از روز دوم به صورت روزانه در ساعتی معین انجام گردید. به هنگام شمارش، بذرهای جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آن از دو میلی‌متر بیشتر بود. تعداد بذرهای جوانه‌زده روزانه شمارش و یادداشت گردید و سپس شاخص‌های جوانه‌زنی محاسبه گردید (ISTA, 2010). بعد از ثابت شدن جوانه‌زنی (۷ روز) طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز اندازه‌گیری شد. در این آزمایش، وزن خشک گیاهچه با قرار دادن نمونه‌ها در درون آون با دمای ٦۰ درجه به مدت ٤۸ ساعت تعیین گردید (Fatheiamirkhiz et al., 2012). شاخص‌های بنیه گیاهچه (SVI1: شاخص طولی بنیه گیاهچه، SVI2: شاخص وزنی بنیه گیاهچه) از روابط زیر بدست آمدند (ISTA, 2010).

SVI (1) = (میانگین طول ساقه‌چه + میانگین طول ریشه‌چه) × جوانه‌زنی نهایی

SVI (2) = (درصد جوانه‌زنی نهایی × وزن خشک گیاهچه)

با شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده، درصد جوانه‌زنی (GP)[1]، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (MGT)[2]، سرعت جوانه‌زنی (GR)[3] طبق روابط ۱، ۲ و ۳ تعیین گردیدند. متوسط مدت زمان جوانه‌زنی مرتبط با مدت زمانی (روز) است که ریشه‌چه خارج می‌شود، هرچه مقدار عددی آن کوچک‌تر باشد نشان از جوانه‌زنی سریع‌تر است) که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌گردد (Ayub et al., 2013).

1) $GP = \frac{S}{T} \times 100$
2) $MGT = \frac{\sum Ti\ Ni}{\sum Ni}$
3) $GR = \Sigma Ni/Ti$

در این معادله، S: تعداد بذرهای جوانه‌زده، T: تعداد کل بذرها، Ti: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هرروز، Ni: تعداد روزها از ابتدای جوانه‌زنی و ∑Ni: نیز کل تعداد بذرهای جوانه‌زده است. تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1، مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد بود. گروه‌بندی با استفاده از نرم افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام گرفت.

1. Germination percentage
2. Mean germination time
3. Germination rate

نتایج و بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت. گزارش شده‌است ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه گیاهی ممکن است در مراحل مختلف زندگی خود شامل جوانه‌زدن، استقرار و حتی مرحله زایشی مقاومت‌های متفاوتی را به شرایط تنش از خود نشان دهند (Ghasemi and Mostajeran, 2014). در بین ژنوتیپ‌های بومی گندم نان، بذور تولیده شده ژنوتیپ‌های کشه فراهان، مشهد ۷، مشهد ١٤ و نهاوند در شرایط تنش خشکی با افزایش جوانه‌زنی روبرو شدند. درصد جوانه‌زنی در دیگر ژنوتیپ‌ها کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین کاهش را در ژنوتیپ مال میر اهواز ٦٧ نسبت به شرایط آبیاری عادی می‌توان مشاهده کرد. بذور تولید شده ژنوتیپ‌های مشهد ۱۸، ملاوی و مغان در هر دو شرایط از نوسان کم‌تری برخوردار بودند. با توجه به نتایج بدست آمده، به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های گندم نان مورد مطالعه در اثرات متقابل پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند (شکل ۱). Maleki Farahani and Bakhtavar (2013) گزارش کردند اثر پایه مادری بر درصد جوانه‌زنی اکوتیپ‌های بالنگو شیرازی متفاوت بود، اکوتیپ مشهد نوسان کم‌تری نشان داد و اکوتیپ ارومیه با کاهش درصد جوانه‌زنی در سطح شاهد و افزایش درصد جوانه‌زنی در تنش شدید روبرو شد. تنش خشکی باعث اختلاف معنی‌دار بین اکوتیپ‌ها شد به طوری که اکوتیپ مشهد در خصوصیات جوانه‌زنی از نوسان کم‌تری برخوردار بود در حالی که اکوتیپ ارومیه در تنش ملایم نسبت به سطوح دیگر تنش نوسان بسیار زیادی از خود نشان داد و نسبت به تنش خشکی از اکوتیپ مشهد حساس‌تر است (Maleki Farahani and Bakhtavar, 2013). می‌توان گفت این تفاوت‌ها ناشی از ژنتیک و بروز ژن‌های خفته است که در شرایط تنش خشکی رخ داده است و گیاهان ویژگی‌های متفاوتی از خود نشان دادند، این امکان را به ما می‌دهد که برای هر صفت یک جمعیت را معرفی کنیم.

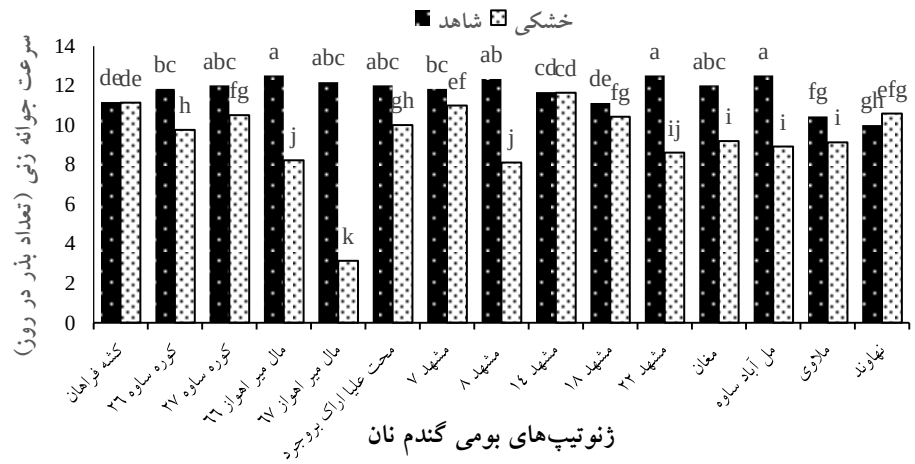
جدول ۱: تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد جوانه زنی	سرعت جوانه‌زنی	میانگین مدت زمان جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
تنش خشکی	۱	٣٤٣٤/٨٤**	١٢٧/٤٨**	۰/۰۰۱ns	١٤٤/٨٢**	١١٠/٣١**
ژنوتیپ	١٤	٣٨٢/٩٣**	٥/٢٨**	۰/۲۹**	٣۰/٤١**	٢٤/٦١**
تنش خشکی × ژنوتیپ	١٤	٦٧٥/٦۰**	٨/٨١**	۰/٤٦**	٢٦/٦٦**	١٧/٣٧**
خطا	٦۰	٧/٤٦	۰/١١	۰/۰۰٦	٤/۰٤	١/٨٢
ضریب تغییرات (درصد)		٣/١۰	٣/١٥	٤/٢١	١٩/١١	٩/٥۰

Ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد.

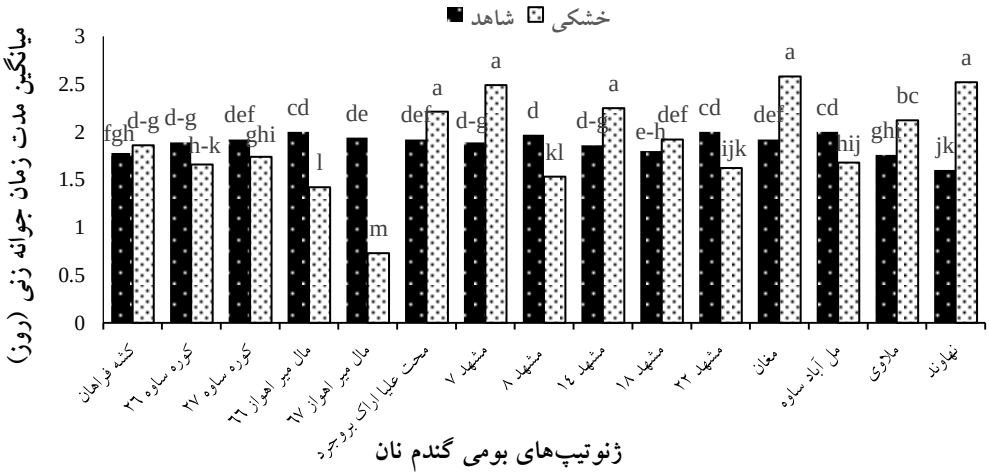
شکل ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر درصد جوانه‌زنی

مقایسه میانگین حاصل از داده‌های صفت سرعت جوانه‌زنی نشان داد که، سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های کشه فراهان و نهاوند در شرایط تنش افزایش یافت در حالی که دیگر ژنوتیپ نتیجه عکس مشاهده شد. البته این افزایش به صورت جزئی است و ژنوتیپ مشهد ۱٤ هیچ تغییری در سرعت جوانه‌زنی نشان نداد. بیش‌ترین کاهش سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ مال میر اهواز ٦۷ بدست آمد. در شرایط آبیاری عادی ژنوتیپ‌های مال میر اهواز ٦٦، مشهد ۲۲ و مل آباد ساوه با میانگین (۱۲/۵ بذر در روز) دارای بیش‌ترین میزان سرعت جوانه‌زنی بودند. این تفاوت‌ها در اثرات ترکیبی می‌تواند ناشی از تنوع ژنتیکی که بین توده‌ها را وجود دارد، باشد (شکل ۲). درصد و سرعت جوانه‌زنی بستگی به بنیه بذر دارد که ممکن است بعضی از ژنوتیپ ها حساس و بعضی دیگر مقاوم به تنش خشکی باشند و بعضی از ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری عادی عملکرد کمی نسبت به شرایط تنش کم آبی دارند و بسته به اندوخته غذایی پایه مادری و عکس العمل به کم آبی روی بنیه بذر و اندوخته غذایی تأثیر می‌گذارد. صفات جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر مواد غذایی و بنیه بذر است. محققان اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که کاهش جذب آب باعث کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه می-گردد (Maleki Narg Mousa et al., 2015).



شکل ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی

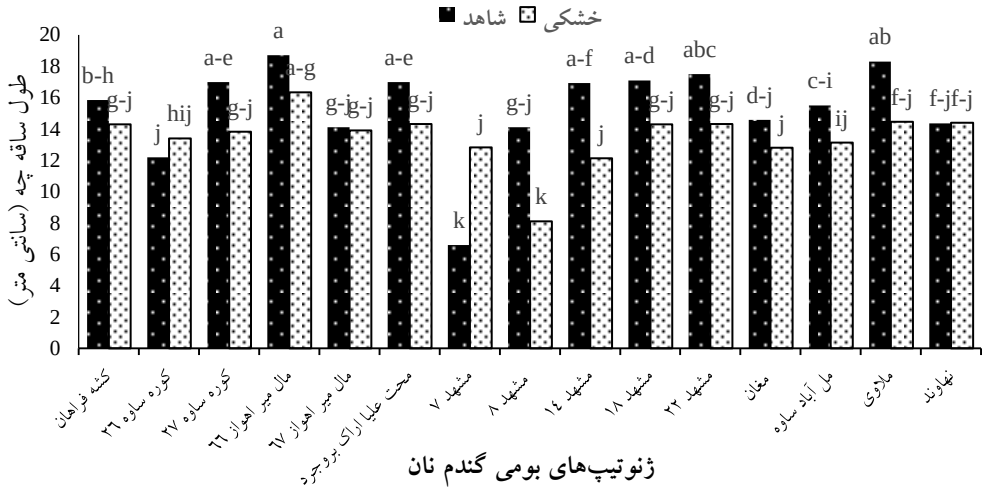
میانگین مدت زمان جوانه‌زنی: میانگین مدت زمان جوانه‌زنی تحت تأثیر ژنوتیپ و اثر برهمکنش تنش خشکی × ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). میانگین مدت زمان جوانه‌زنی بذر صفت بسیار مهمی در استقرار گیاهچه و استفاده مفید و مؤثر از شرایط محیطی می‌باشد، نتایج این آزمایش حاکی از این مسأله است که میانگین مدت زمان جوانه‌زنی بذرهای تولید شده در گیاه مادری تحت تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مانند کوره ساوه ۲۶، کوره ساوه ۲۷، مال میر اهواز ٦٦، مال میر اهواز ٦٧، مشهد ۸، مشهد ۲۲ و مل آباد ساوه کاهش یافت و دیگر ژنوتیپ‌ها افزایش نشان داد. ژنوتیپ‌های گندم نان در این صفت مانند دیگر صفات پاسخ متفاوتی در اثر متقابل نشان دادند. بیش‌ترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی با ۲/۵۸ روز، ۲/۵۲ روز، ۲/٤۹ روز، ۲/۲۵ روز و ۲/۲۱ روز به ترتیب در ژنوتیپ‌های مغان، نهاوند، مشهد ۷، مشهد ۱٤ و محت علیا اراک بروجرد مشاهده شد (شکل ۳).



شکل ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر میانگین مدت زمان جوانه‌زنی

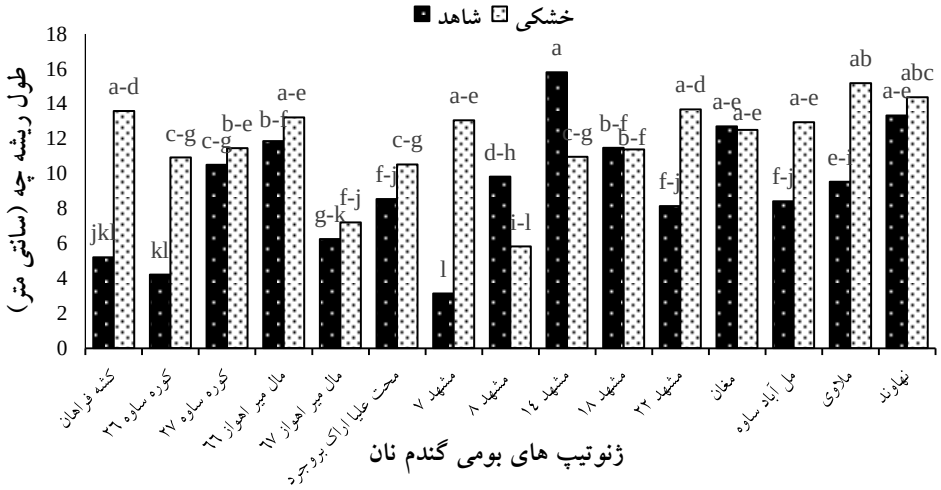
طول ساقه‌چه و ریشه‌چه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، ژنوتیپ و اثر متقابل این دو بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). در نتایج مقایسه میانگین اثرات برهمکنش مشاهده شد که بذرهای تولید شده در شرایط تنش خشکی با کاهش طول ساقه‌چه مواجه شدند، البته ژنوتیپ‌های کوره ساوه ۲٦ و مشهد ۷ بر خلاف دیگر ژنوتیپ‌ها با افزایش طول ساقه‌چه روبرو شدند. ژنوتیپ مال میر اهواز٦٦ با ۱۸/۷۰ سانتی‌متر و ژنوتیپ مشهد ۷ با ٦/۵۹ سانتی‌متر در شرایط آبیاری عادی به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بودند. همان‌طور که مشاهدات نشان داد ژنوتیپ‌های مانند مال میر اهواز ٦٧ و نهاوند دارای تغییراتی جزئی در هر دو شرایط بودند (شکل ٤). از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در اثر تنش آبی ایجاد شده کاهش و یا حتی عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین بیان شده‌است (Ebadi et al., 2011). به بیان دیگر در این شرایط به‌دلیل عدم انتقال مناسب مواد غذایی و آنزیم‌ها، رشد اندام هوایی کاهش خواهد یافت. همچنین نتایج نشان داده است حتی در شرایط تنش آبی ملایم نیز، رشد سلول‌ها نیز به‌دلیل کاهش فشار تورژسانس، کاهش خواهد یافت (Jafarnejad and Rah Chamani, 2015). Zeng et al., (2010) نیز گزارش کردند که کاهش رشد ساقه‌چه و از طرفی

افزایش رشد ریشه‌چه گیاهچه‌های مناطق بیابانی، به‌دلیل کاهش تعرق و نفوذ ریشه‌چه به اعماق خاک برای دستیابی بـه منابع عمیق آبی و متعاقباً افزایش بقای گیاهچه است.



شکل ٤: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر طول ساقه‌چه

افزایش طول ریشه‌چه برای جذب آب می‌تواند یک مکانیسم سازش برای خشکی محسوب می‌شود. بذور ژنوتیپ‌های گندم نان تولید شده در شرایط تنش خشکی با افزایش طول ریشه‌چه مواجه شدند، البته ژنوتیپ‌های مشهد۸، مشهد١٤، مشهد١٨ و مغان با کاهش طول ریشه‌چه روبرو شدند. طبق نتایج بدست آمده ژنوتیپ مشهد١٤ در شرایط آبیاری عادی با ١٥/٨٠ سانتی‌متر و ژنوتیپ ملاوی در شرایط تنش خشکی با ١٥/١٧ سانتی‌متر به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین طول ریشه‌چه بودند. بیش‌ترین افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری را می‌توان در ژنوتیپ مشهد۷ با ۹/۹۲ سانتی‌متر مشاهده کرد (شکل ۵). گزارش شده است در شرایط تنش آبی ملایم افزایش طول ریشه‌چه به‌دلیل اینکه اولین فرآیند مقابله با شرایط تنش خشکی است، افزایش می‌یابد (Bagheri Kazemabad and Sarmadian, 2007).



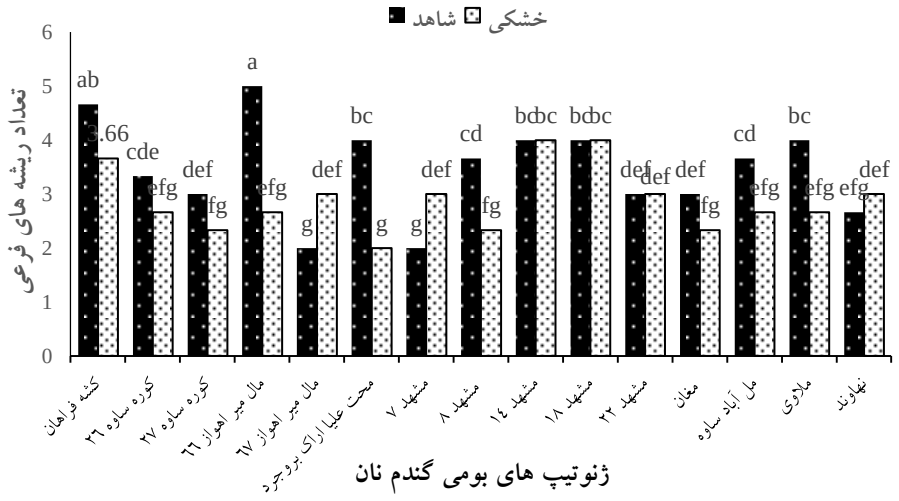
شکل ۵: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر طول ریشه‌چه

تعداد ریشه‌های فرعی: نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار اثرات اصلی خشکی و ژنوتیپ، همچنین اثر برهمکنش این دو بر صفت تعداد ریشه‌های فرعی در سطح احتمال یک درصد است (جدول ۱). بذرهای تولید شده ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش خشکی با کاهش تعداد ریشه‌های فرعی روبرو شدند، البته ژنوتیپ‌های گندم نان مال میر اهواز٦٧، مشهد۷ و نهاوند دارای تعداد ریشه‌های فرعی بیش‌تری بودند. ژنوتیپ مال میر اهواز٦٦ در شرایط آبیاری عادی با تعداد ۵ ریشه فرعی و محت علیا اراک بروجرد در شرایط تنش خشکی با تعداد ۲ ریشه فرعی به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد ریشه فرعی بودند. ژنوتیپ مشهد١٤، مشهد١٨ و مشهد٢٢ در هر دو شرایط با تعداد ٤ ریشه فرعی بدون تغییر بودند (شکل ٦). تحقیقات نسبتاً زیادی بر روی جوانه‌زنی گیاهان زراعی مختلف انجام شده بیانگر این واقعیت است که تنش خشکی رشد ریشه‌چه، ساقه‌چه و در نهایت زیست توده گیاهی در مقایسه با آبیاری عادی کاهش می‌یابد (Kaya et al., 2006).

ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های گندم نان

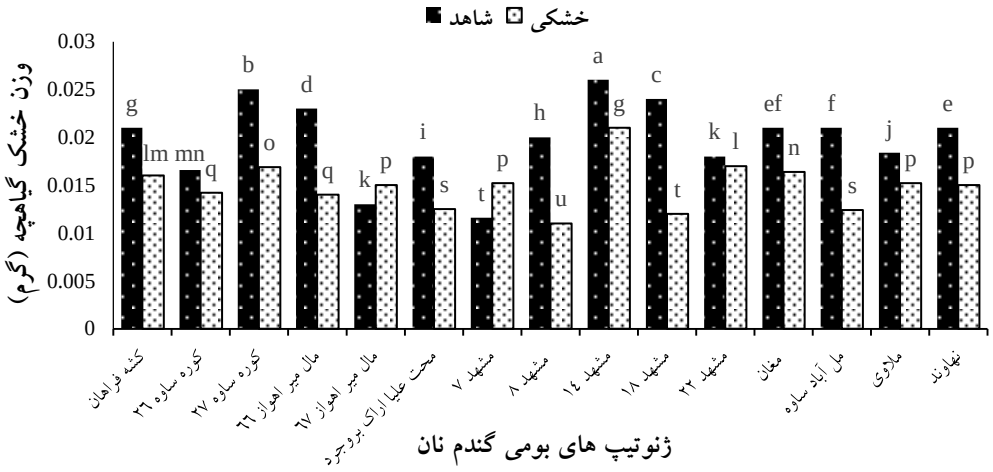
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد ریشه‌های فرعی	وزن خشک گیاهچه	شاخص وزنی بنیه گیاهچه	شاخص طولی بنیه گیاهچه
تنش خشکی	۱	۷/۵۱**	۰/۰۰۰۵۷**	۹/۳٦**	۹۲۱۷٤/۰۸**
ژنوتیپ	١٤	۱/۹۱**	۰/۰۰۰۳**	۰/۵۷**	۵۷۷۱۲/٤۷**
تنش خشکی × ژنوتیپ	١٤	۱/٤۳**	۰/۰۰۰۲**	۰/۳٤**	٦٤٤۲۷/۷۳**
خطا	٦۰	۰/۱۷	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲	٤٤۳۳/۵۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۲٦	۱/۲٦	۳/٤۲	۱۲/۲۰

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.



شکل ٦: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر تعداد ریشه‌های فرعی

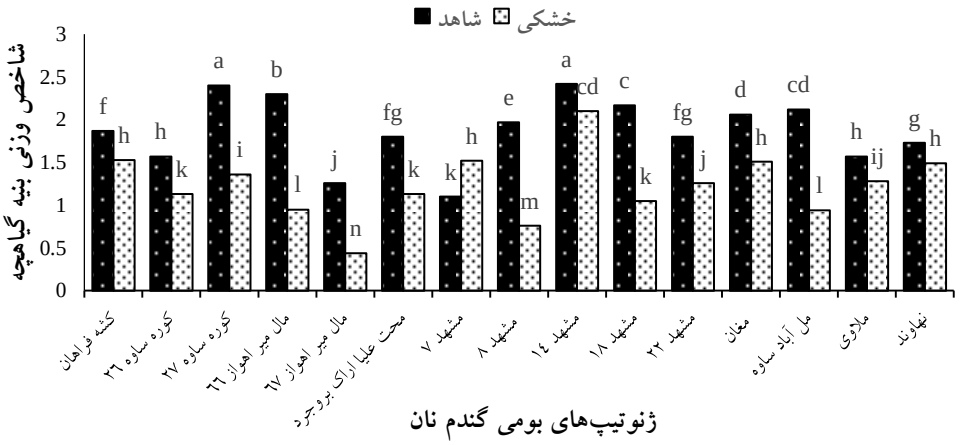
وزن خشک گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). بذرهای تولید شده ژنوتیپ مشهد۱٤ در شرایط تنش خشکی با میانگین ۰/۰۲٦ گرم و در شرایط آبیاری عادی با میانگین ۰/۰۲۱ گرم به ترتیب دارای بیش‌ترین و کمترین میزان وزن خشک گیاهچه بود. ژنوتیپ‌های کوره ساوه۲۷، مال میر اهواز٦٦، مشهد۸ و مشهد۱۸ بیش‌ترین کاهش را در میزان وزن خشک گیاهچه نشان دادند، همچنین ژنوتیپ مشهد۲۲ با تغییر جزئی در هر دو شرایط روبرو شد. بذور تولید شده ژنوتیپ‌های مال میر اهواز٦۷ و مشهد۷ افزایش وزن خشک گیاهچه را در شرایط تنش خشکی در پی داشتند (شکل ۸). Liu et al., (2004) آزمایشی با گلدان‌های لوله‌ای شکل برای دو ژنوتیپ چینی گندم بهاره انجام دادند. در آزمایش آن‌ها دامنه وزن خشک ریشه از ۱/٤٥ تا ۱/۹٤ برای هر گیاه بین ژنوتیپ‌های مختلف و شرایط رشدی گوناگون متفاوت بود.



شکل ۸: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر وزن خشک گیاهچه

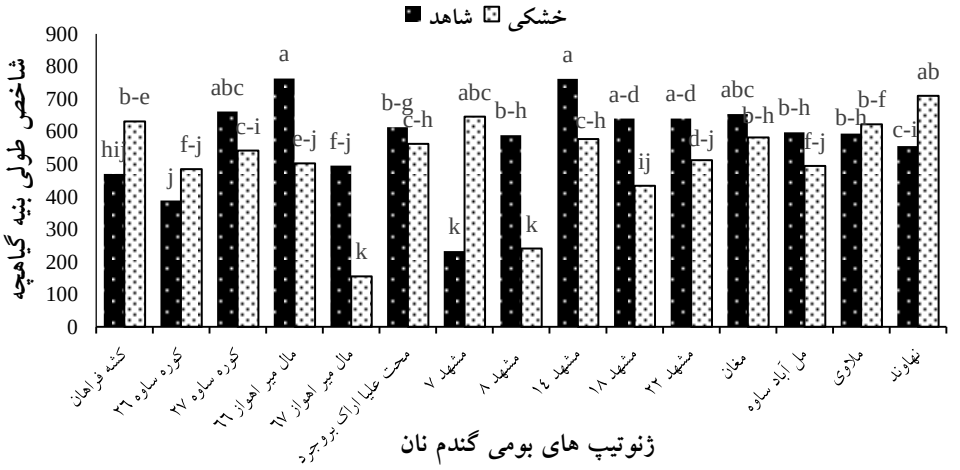
شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه: با توجه به اهمیت استقرار مطلوب گیاهچه‌ها در شرایط مزرعه، انتخاب گیاهچه‌هایی که علاوه بر دارا بودن درصد جوانه‌زنی مطلوب، از طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بالاتری برخوردارند حائز اهمیت است. شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه تحت تأثیر تنش خشکی، ژنوتیپ و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). شاخص بنیه بذر معرف درصد و پتانسیل جوانه‌زنی می‌باشد، هر چه کیفیت و بنیه بذر پایین‌ترباشد شاخص بنیه بذر کاهش می‌یابد، یا به عبارتی ژنوتیپ‌های شرایط مطلوب به دلیل ذخایر و اندوخته بیش‌تری دارای شاخص بنیه بیش‌تری هستند (Sinaki et al., 2007). آن‌چه از نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ بدست آمد حاکی از کاهش شاخص وزنی بنیه گیاهچه ژنوتیپ گندم در شرایط تنش خشکی بود. ساختار ژنتیکی بذر، شرایط تغذیه‌ای و محیطی گیاه مادری، شرایط مرحله رسیدگی، اندازه و وزن مخصوص بذر، خسارت مکانیکی و زوال بذر از عوامل مؤثر بر بنیه بذر می‌باشد (Khoshsokhan et al., 2012). بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه در شرایط آبیاری عادی در ژنوتیپ‌های کوره ساوه ۲۸ و مشهد ۱٤ مشاهده شد، همچنین ژنوتیپ مشهد ۱٤ با میانگین (۲/۱) در شرایط تنش خشکی نیز دارای بالاترین مقدار بود. ژنوتیپ مشهد۷ برخلاف دیگر ژنوتیپ‌های گندم با افزایش شاخص وزنی بنیه گیاهچه در شرایط تنش خشکی مواجه شد. یکی از مهم‌ترین عوامل

محیطی مؤثر بر بنیه بذر، وقوع تنش رطوبتی روی گیاه مادری در حین تشکیل بـذر اسـت کـه باعـث ایجـاد بـذرهای چروکیده و کوچک شده و قدرت گیاهچه را کاهش می‌دهد (Szira et al., 2008).



شکل ۹: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه

با توجه به شکل ۱۰، بذرهای تولید شده ژنوتیپ‌های کشه فراهان، کوره ساوه۲۶، مشهد۷، ملاوی و نهاوند در شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری در مرحله‌ی سنبله‌دهی) از شاخص طولی بنیه گیاهچه بیش‌تری برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های مال میر اهواز ٦٦ با میانگین (۷٦۳/۷۵) و مشهد ١٤ با میانگین (۷٦۲/٤۲) در شرایط آبیاری عادی دارای بیش‌ترین میزان بودند. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ مال میر اهواز ٦٧ با میانگین (۱۵۵/۳۷) دارای کم‌ترین میزان شاخص طولی بنیه گیاهچه در شرایط تنش خشکی بود البته از لحاظ آماری با مشهد ۸ و در شرایط آبیاری عادی با مشهد۷ تفاوتی نداشت. این نتایج بیانگر آن است که بذوری که در شرایط تنش محیطی از توانایی تولید گیاهچه بالاتری برخوردارند در یک زمان معین مقدار ماده خشک بیشتری تولید کرده و از این طریق قدرت استقرار خود را در محیط بهبود می‌دهند (Soltani et al., 2009).

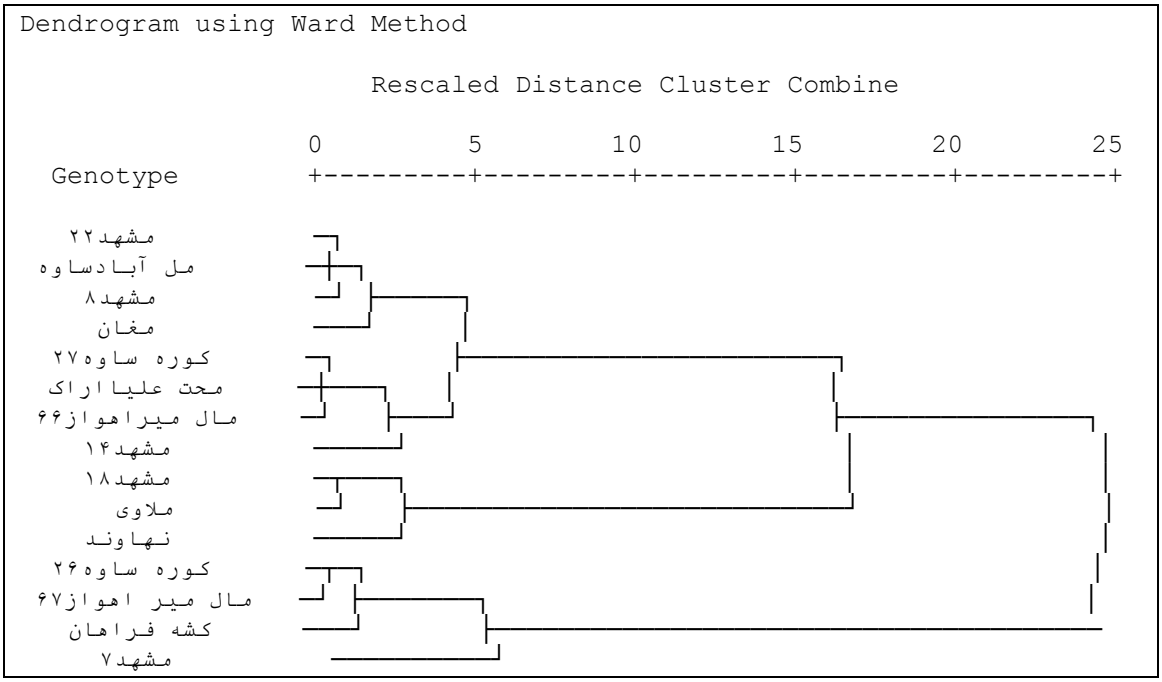


شکل ۱۰: مقایسه میانگین اثر متقابل خشکی× ژنوتیپ بر شاخص طولی بنیه گیاهچه

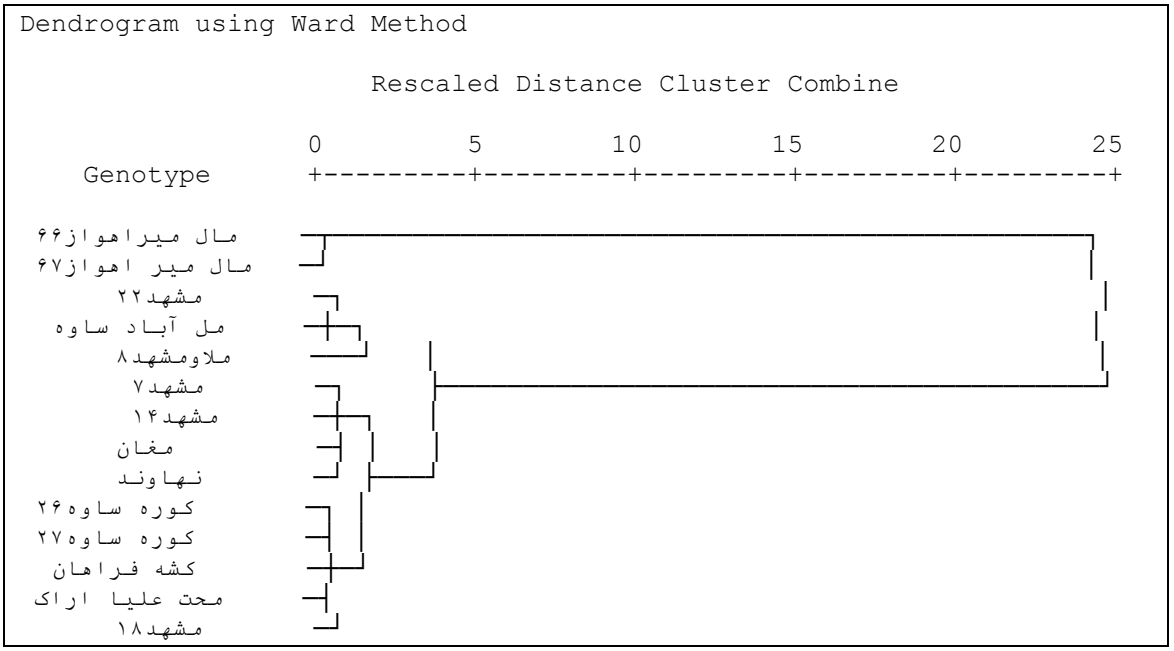
تجزیه خوشه‌ای: به‌منظور تعیین قرابت ژنوتیپ‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آن‌ها در ارتباط با صفات اندازه‌گیری شده، از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد استفاده شد (Dillon and Goldstein, 1984). ابتدا داده‌های مورد بررسی از نظر واحد بر مبنای روش رتبه‌بندیZ استاندارد شده و سپس مورد تجزیه قرار گرفتند. تجزیه خوشه‌ای انجام شده بر مبنای همه صفات گروه‌بندی ژنوتیپ‌های بومی انجام شد.

با توجه به شکل (۱۱) تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های بومی گندم نان در شرایط مطلوب بر صفات مورد بررسی سه گروه عمده را آشکار نمود. گروه اول از مجموع ۱۵ ژنوتیپ بومی گندم نان، ٤ ژنوتیپ را شامل شد که از لحاظ صفات مورد بررسی در شرایط نرمال مشابه بودند. گروه دوم با ۳ ژنوتیپ، ۲۰ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را شامل شد که از لحاظ صفات مورد مطالعه مشابه بودند. گروه سوم با ۸ ژنوتیپ، ۵۳/۳۳ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را شامل شد.

با توجه به شکل (۱۲) تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های بومی گندم نان در شرایط تنش خشکی انتهای فصل بر مبنای همه‌ی صفات (۹ صفت مورد ارزیابی) و ژنوتیپ‌ها را به پنج گروه اصلی رتبه‌بندی کرد. گروه اول از مجموع ۱۵ ژنوتیپ بومی گندم نان، ۵ ژنوتیپ را شامل شد که از لحاظ صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی مشابه بودند. گروه دوم با ٤ ژنوتیپ، ۲٦/٦٦ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را شامل شد که از لحاظ صفات مورد مطالعه در تنش خشکی مشابه بودند. گروه سوم با یک ژنوتیپ، ٦/٦٦ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را شامل شد. گروه چهارم با دو ژنوتیپ و همچنین گروه پنجم با دو ژنوتیپ، هر کدام ۱۳/۳۳ درصداز کل ژنوتیپ‌ها را شامل شد.



شکل ۱۱: تجزیه خوشه‌ای ۱۵ ژنوتیپ گندم بومی نان در شرایط بدون تنش



شکل ۱۲: تجزیه خوشه‌ای ۱۵ ژنوتیپ گندم بومی نان در شرایط تنش

نتیجه‌گیری نهایی

باتوجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش، تنش خشکی بر گیاه مادری (قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی) در برخی از ژنوتیپ‌های بومی گندم نان باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه و همچنین شاخص قدرت گیاهچه شد. پاسخ ژنوتیپ‌های بومی گندم نان در اثرات متقابل متفاوت هست که می‌توان گفت این تفاوت‌ها ناشی از ژنتیک و بروز ژن‌های خفته است و همچنین تنوع ژنتیکی که بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ مشهد ١٤ در هر دو شرایط در صفاتی مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی، تعداد ریشه‌های فرعی، وزن خشک گیاهچه و همچنین شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه دارای بیش‌ترین مقدار بود که می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ مقاوم در این صفات معرفی کرد. ژنوتیپ مشهد ۷ برخلاف دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش در همه صفات افزایش نشان داد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولین دانشکده کشاورزی، آزمایشگاه تکنولوژی بذر و زراعت دانشگاه شاهد به خاطر فراهم کردن امکانات لازم برای انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Alebrahim, M.T., Sabaghnia, N., Ebadi, A. and Mohebodini, M. 2004. Investigation the effect of salt and drought stress on seed germination of thyme medicinal plant (*Thymus vulgaris*). Journal of Research in Agricultural Science. 1: 13-20.

Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P. and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereal should we breed for? Annals of Botany. 89: 925-940.

Asseng, S., Foster, I. and Turner, N. 2011. The impact of temperature variability on wheat yields. Global Change Biology. 17: 997-1012.

Ayub, M., Ibrahim, M., Noorka, I.R., Tahir, M., Tanveer, A. and Ullah, A. 2013. Effect of seed priming on seed germination and seedling growth of garden cress (*Lepidium sativum* L.). International Journal of Agriculture and Applied Sciences. 5(2): 1-5.

Bagheri Kazemabad, A. and Sarmadnia, GH. 2007. Studying ability to use polyethylene glycol 6000 to study drynees in (*Onobrychis Viciolis* scoop) in plantlet stage. Agriculture Resarch Sciences Management Management. 5(1): 1-9. (In Persian).

Chen, K. and Arora, R. 2013. Priming memory invokes seed stress-tolerance. Environmental and Experimental Botany. 94:33–45.

Clua, A., Fernandez, G., Ferro, L. and Dietrich, M. 2006. Drought stress conditions during seed development of narrowleaf birdsfoot trefoil (*Lotus glaber*) influences seed production and subsequent dormancy and germination. Lotus Newsletter. 36(2): 58-63.

De Figueiredo, E., Albuquerque, M.C. and De Carvalho, N.M. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthusannus* L.), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. Seed Science and Technology. 31: 465-479.

Ebadi, M.T., Azizi, M. and Farzaneh, A. 2011. Effect of drought stress on germination factors of four improved cultivars of german Chamomile (*Matricaria recutita* L.). Journal Plant Production Production. 18(2): 119-132. (In Persian).

Fatheiamirkhiz, K., Omidi, H., Heshmati, S. and Jafarzadeh, L. 2012. Evaluate the effect of accelerating on seed vigor and germination characteristics of medicinal plant *Nigella sativa* under salt stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 10(2): 299-310. (In Persian).

Ghasemi, H.R. and Mostajeran, A. 2014. Effect of NaCl on germination and early growth of 60 wheat cultivars. Journal Seed Research. 4(4): 14-26. (In Persian).

ISTA. 2010. International rules for seed testing. International seed testing association (ISTA).

Jafarnejad, A. and Rahchamani, A.A. 2015. Effect of different levels of water potential on germination stages and seedling of 4 canola cultivars. Iranian Journal Field Crops Research. 12(4): 852-861. (In Persian).

Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy. 24: 291-295.

Khoshsokhan, F., Babalar, M., Chaghazardi H.R. and Fatahi-Moghadam, M.R. 2012. Effect of salinity and drought stress on germination indices of two Thymus species. Agronomy Research Moldavia. 45:28-35.

Liu, H.-S., Li, F.M. and Xu, H. 2004. Deficiency of water can enhance root respiration rate of drought-sensitive but not drought-tolerant spring wheat. Agricultural Water Management. 64: 41-48.

Maleki Farahani, S. and Bakht Avar, Z. 2013. Maternal effects on seed vigor Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana*). National Conference on Medicinal Plants. P: 45-52.

Maleki Narg Mousa, M., Balouchi, H R. and Attarzadeh, M. 2015. Effect of Seed Priming on Some Germination Traits and Seedling Growth of Safflower under Drought Stress. Iranian Journal of Seed Research. 2(1):1-9. (In Persian).

Munns, R. and James, R.A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant Soil. 253: 201–218.

Razak, U.N.A.A., Ong, C.B., Yu, T.S. and Lau, L.K. 2014. In vitro micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni in Malaysia. Brazilian Archives of Biology and Technology. 57(1): 23-28.

Royo, C., Miloudi, M.M., Fonze, N.D., Arraus, J.L., Pfeiffer, W.H. and Slafer, G.A. 2005. Durum wheat breeding current approaches and future strategies. Vol. 1. Editors: Food product press.

Sinaki, J.M., Majidi-Heravan, E., Shirani Rad, A.H., Noor-Mohammadi, G.H. and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brasica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science. 2: 417-422.

Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agriculture for Meteorology. 138: 156-167.

Soltani, E., Akram-Ghaderi, F. and Maemar, H. 2009. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. Journal Agriculture Science Nature Resource. 14(5): 9-16. (In Persian).

Szira, F., Balint, A.F., Borner, A. and Galiba, G. 2008. Evaluation of drought-related traits and screening methods at different developmental stages in spring barley. Journal of Agronomy and Crop Science. 194: 334-342.

Yagmur, M. and Kaydan, D. 2008. Allevation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African journal of biotechnology. 7 (13): 2156–2164.

Zeng, Y. J., Wang, Y. R. and Zhang, J. M. 2010. Is reduced seed germination due to water limitation a special survival strategy used by xerophytes in arid dunes. Journal of Arid Environments. 74: 508-511.